©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Quantitative Untersuchungen von Faunengrenzen im nordadriatischen Phytal am Beispiel der Polychaeta

Von Dr. Branko Velimirov, I. Zoologisches Institut, Lehrkanzel für Meeresbiologie, Währinger Straße 17/VI, 1090 Wien, und Dr. Peter Sint, Akademie der Wissenschaften, Institut für sozioökonomische Entwicklungsforschung, Fleischmarkt 20, 1010 Wien

Mit 5 Abbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung der mathem.-naturw. Klasse am 23. Oktober 1975 durch das w. M. W. Kühnelt)

Einleitung

Die den sublitoralen primären Hartboden der Adria und des Mittelmeeres besonders charakterisierende Alge gehört der Gattung Cystoseira an. Bisher ist sehr wenig über die Epi- und Endofauna dieser bis zu einem Meter hohen Alge bekannt, die von der Gezeitenzone bis zu Tiefen von 40 m vorkommt. Erst in neuester Zeit haben verschiedene Autoren nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Daten untersucht. Quantitative Unterschiede in der Zusammensetzung der Epi- und Endofauna für verschieden exponierte Standorte von Cystoseiren wurden meistens vernachlässigt. Der Grund dafür liegt vor allem in den methodischen Schwierigkeiten der Aufsammlung und Auswertung. Die hier betrachteten Daten wurden ursprünglich dazu verwendet, um Aussagen über die Polychaeten, einer in Cystoseira besonders häufig vertretenden Gruppe zu treffen (Katzmann, 1970).

Die große Menge der anfallenden Rohdaten über die an den Probenorten vorkommenden Polychaeten wurde mittels quantitativer Methoden auf Übereinstimmung ihrer Besiedlung und mögliche Faunengrenzen untersucht. Mittels verschiedener Arten von Ähnlichkeitsmaßen wurde versucht, den „Unterschied" zwischen den Probenorten quantitativ zu konkretisieren.

Um die Interpretation dieser Ähnlichkeitsmatrizen zu erleichtern, wurden Methoden der automatischen Klassenbildung (Cluster-Analyse) ausgewählt, die besonders aus der numerischen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Taxonomie bekannt sind, aber auch auf vielen anderen Gebieten angewandt werden (SNEATH, SOKAL 1963, 1973; SINT 1971; GORDESCH et al. 1973).

Wir danken herzlichst Herrn Dr. W. Katzmann, der durch Überlassung der im Rahmen seiner Dissertation (KATZMANN 1970, 1971) gesammelten Daten und wertvolle Diskussionen diese Arbeit ermöglichte.

Methoden

Die Schwierigkeiten der Probenentnahme bestehen hauptsächlich darin, daß nicht immer die gleiche Cystoseira-Art in den verschieden exponierten Biotopen vorkommt. Es schien aber sinnvoll, gleichstrukturierte Cystoseiren zu vergleichen. Solche Proben werden im weiteren von 1 bis 12 numeriert. Jede Probe besteht aus fünf Teilproben aus den Tiefen 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 Metern. Der Epiphytenaufwuchs der Cystoseiren verändert die Primärstruktur der Alge in einem Maße, welche es möglich machte, vergleichbare Algenstrukturen aus den verschieden exponierten Lokalitäten zu erhalten. Dies wurde durch Vergleiche von Naß- und Trockengewicht der einzelnen Proben und Teilproben bestätigt. Die Proben wurden viermal aus drei verschiedenen Lokalitäten von 1968 bis 1969 entnommen, die Polychaeten bestimmt und gezählt. Die Studie wurde in der nördlichen Adria, im Bereich von Rovinj, durchgeführt (Westküste), und zwar in folgenden Lokalitäten:

Lokalität I, schwache Wellenexposition (LESO):

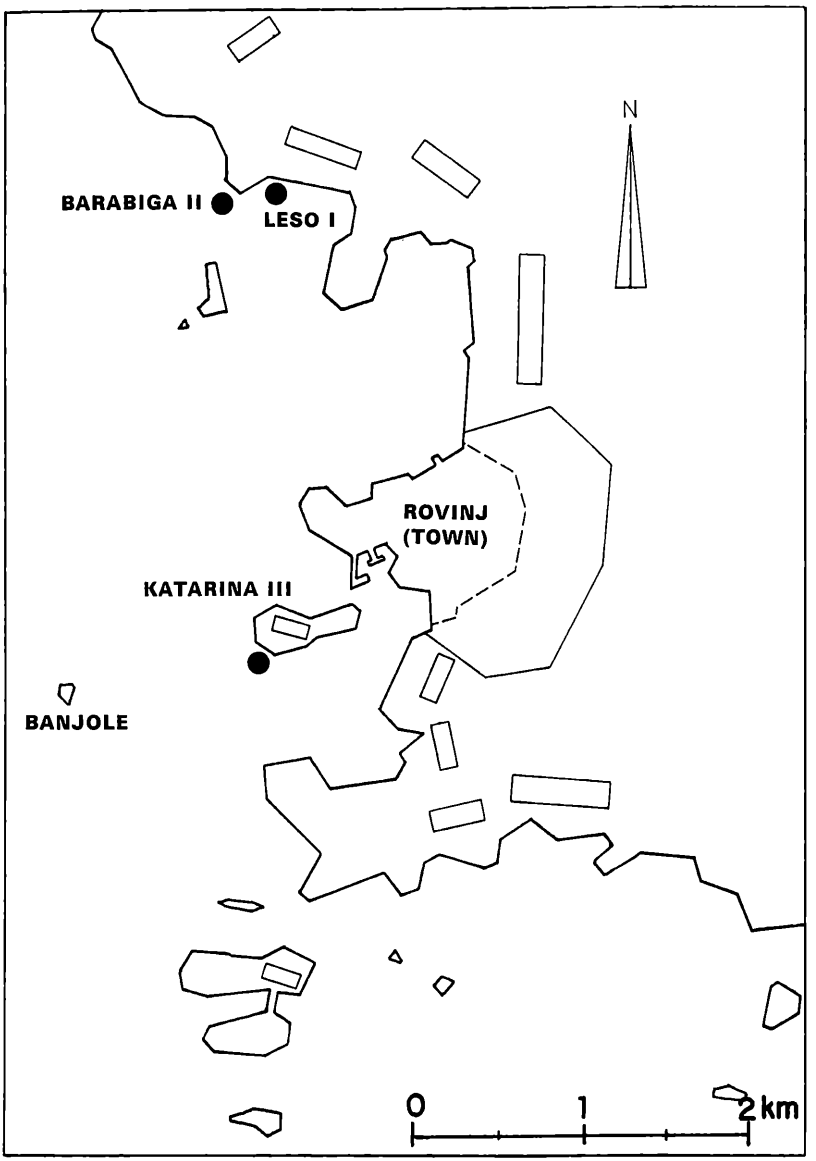
Probennummer 1 (26. 7. 1968)
2 (1. 4. 1969)
3 (20. 5. 1969)
4 (3. 7. 1969)

Lokalität II, mittlere Wellenexposition (BARABIGA)

Probennummer 5 (13. 7. 1968)
6 (31. 3. 1969)
7 (15. 5. 1969)
8 (2. 7. 1969)

Lokalität III, starke Wellenexposition (KATARINA):

Probennummer 9 (29. 7. 1968)
10 (3. 4. 1969)
11 (21. 5. 1969)
12 (4. 7. 1969)


N
BARABIGA II
LESO I
ROVINJ
(TOWN)
KATARINA III
BANJOLE
0
1
2 km

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Exposition wird im Sinne von RIEDL (1964) verwendet, nämlich in bezug auf die „weißen" und „schwarzen" Zonen. Im Fall einer starken Exposition sind die Zonen klar ausgebildet, bei schwacher Exposition fehlen sie (OTT, 1969).

Auswertungsmethoden

Zur besseren Beschreibung der Verteilung von Polychaeten in Braunalgen wurden Ähnlichkeitskoeffizienten dazu benützt, die Abstände, Ähnlichkeiten, zwischen den verschiedenen Proben, die die Verteilung charakterisieren, zu bestimmen. M Variable (Zahl der Individuen einer gewissen Polychaetenart) werden für jede der N Stichproben bestimmt. Die Ähnlichkeit zwischen je zwei Stichproben wird für jede angewandte Methode mit Hilfe der jeweils verwendeten Variablenart (numerisch, binär, geordnet mehrstufig und ungeordnet mehrstufig qualitativ) festgelegt. Sehr viele Ähnlichkeitsmaße sind nun für Daten, die in entweder numerischer oder binärer Form vorliegen, definiert. Andere Variablentypen müssen erst in diese Typen transformiert werden. Die Koeffizienten werden schließlich in einer Matrix dargestellt. Wir benützen hier nur binäre Variable und traditionelle Ähnlichkeitskoeffizienten der numerischen Taxonomie. Vier Koeffizienten mit den folgenden Eigenschaften wurden gewählt:

1. Koeffizienten, die sowohl Übereinstimmungen als auch Nicht-Übereinstimmungen gleichmäßig gewichten.

a) unter Ausschluß der Nichtübereinstimmungen: Koeffizient von Jaccard.

$$s = \frac{a}{a+b+c}$$

Stichprobe j

Stichprobe i

i \ j	+	—	
+	a	b	a+b
—	c	d	c+d
	a+c	b+d	M

Die Werte a, b, c beschreiben die Zahl der Eigenschaften, die in beiden Stichproben i und j vorhanden sind (Zahl der Über-

einstimmungen); die in i vorhanden sind, aber nicht in j; schließlich die in j vorhandenen sind, aber nicht in i.

b) mit Berücksichtigung der Nichtübereinstimmungen (d): Koeffizient der einfachen Übereinstimmung, simple matching coefficient, fractional-match coefficient.

$$s = \frac{a+b}{M}$$

2. Koeffizienten, bei denen die übereinstimmenden Paare das doppelte Gewicht der nichtübereinstimmenden Paare erhalten.

a) Koeffizient von SØRENSEN

$$s = \frac{2a}{2a+b+c}$$

b) ein Koeffizient von SOKAL-SNEATH

$$s = \frac{2\,(a+b)}{2\,(a+b)+b+c}$$

Tabelle A zeigt die Matrizen der Ähnlichkeitskoeffizienten für unsere vier betrachteten Fälle.

Die Interpretation dieser Daten wird nun weiterhin durch Algorithmen der automatischen Klassenbildung erleichtert.

Klassenbildungsmethoden

Verschiedene Klassenbildungsmethoden (Cluster-analysis-methods) wurden angewandt.

1. Die Methode der einfachen Verknüpfung (single linkage method): Diese alte Methode, die durch FLOREK und andere 1951a, b und SNEATH (1957) eingeführt wurde, ist eine agglomerative Methode, also eine Methode, die davon ausgeht, daß alle gegebenen Stichproben selbst individuelle Cluster sind, die in jeden Schritt hierarchisch jene Klassen (Gruppen) fusioniert (vereinigt), die einander am nächsten liegen. Der Abstand zwischen zwei Klassen ist dabei als der kürzeste Abstand zweier Stichproben der beiden bereits gebildeten Klassen zu verstehen. Diese Methode definiert Klassen mit oft nur schwachen Verbindungen und relativ weit voneinander entfernt liegenden Klassen können durch einige wenige dazwischenliegende Punkte (Stichproben)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

verbunden werden. Diesen sogenannten Verkettungseffekt versuchen die anderen Methoden zu vermeiden.

2. Die Methoden der mittleren Verknüpfung versuchen dieses Problem durch Mittelwertbildung zu umgehen. Der Abstand von je zwei Klassen wird in diesem Fall dadurch bestimmt, daß die Abstände der einzelnen Stichproben in den betrachteten Teilklassen auf irgendeine Weise gemittelt werden, z. B. SOKAL-MICHENER, 1958

$$d'(i, j) = \frac{1}{rs} \sum_{m=1}^{s} \sum_{l=1}^{r} d(i_l, j_m)$$

wobei i_l die l-te Stichprobe in der i-ten Klasse, j_m die m-te Stichprobe in der j-ten Klasse bedeutet und r und s die Zahl der Elemente dieser beiden Klassen sind. So ist es nicht mehr möglich, daß wenige Elemente das Bild der ganzen Klassifikation verzerren.

3. Ein anderer Weg, dieses Problem der Verkettung zu vermeiden, führt zur Modalanalyse (WISHART 1969a, b und sein Handbuch zum CLUSTAN-Ia-Programmpaket). Die Modalanalyse ist insofern eine Modifikation der einfachen Verknüpfung, als sie zunächst dichte Punkte in der Totalität der Stichproben sucht und nur Stichproben in Regionen hoher Dichte miteinander verknüpft, das heißt, sie verbindet nur Modalwerte der Verteilung.

Die Dichtheit der Punkte im Raum der Stichproben wird dabei dadurch bestimmt, daß die 2K-nächsten Entfernungen jeder Stichprobe i gemittelt werden. Die Stichproben werden nun bezüglich ihrer Dichte angeordnet. Wir beginnen unseren hierarchischen Klassenbildungsprozeß, indem wir die dichteste Stichprobe als Klassenkern einführen. In jedem Iterationsschritt wird die jeweils nächste Stichprobe in der obigen Anordnung dicht und kann in die weitere Verarbeitung mit einbezogen werden. Die Dichte in der Umgebung dieser Stichprobe sei r. Wenn ihre Distanz von allen anderen Stichproben größer als r ist, führen wir sie als einen neuen Kern (nucleus) ein. Liegt sie innerhalb des Abstandes r von einem oder mehreren unter den dichten Punkten, die zu einer bereits gebildeten Klasse gehören, so wird sie zu dieser Klasse hinzugefügt. Gehören diese Punkte zu mehreren verschiedenen Klassen, so werden alle diese Klassen zusammengefügt. Zusätzlich wird bei jedem Iterationszyklus der minimale Abstand d zwischen dichten Punkten in verschiedenen Klassen bestimmt. Ist r kleiner als das letzte d, so werden die entsprechenden Klassen zu einer neuen Klasse zusammengefügt. Stich-

proben innerhalb einer Klasse schließen auch jene nicht dichten Stichprobenpunkte innerhalb der Distanz r von irgendeinem dichten Punkt in der Klasse mit ein. Für jeden Iterationsschritt bleibt schließlich eine nichtklassifizierte Residualmenge.

Eine weitergehende Analyse scheint für die studierte Menge von Daten nicht angebracht.

Ergebnisse

Unter den vier Koeffizienten unterscheiden sich diejenigen mit und ohne Berücksichtigung der Nichtübereinstimmungen am stärksten, also JACCARD und SØRENSEN einerseits und die übrigen andererseits. Die Tatsache, daß die Koeffizienten, die Nichtübereinstimmungen ausschließen, verschieden starke Gewichte für die Übereinstimmungen und Nichtübereinstimmungen annehmen, bewirkt lediglich einen Unterschied im Verknüpfungsniveau der verschiedenen Klassen, wobei der SØRENSEN-Koeffizient verglichen mit dem JACCARD-Koeffizient weniger verändert wird. Das ergibt eine Verknüpfung aller Gruppen auf dem Niveau 0,16 (Abb. 1a, b, c und 3a, b, c) für alle betrachteten Methoden der Klassenbildung (einfache Verknüpfung, Gruppenmittel und Modalanalyse). Die Unterschiede, die sich für den gleichen Koeffizienten für verschiedene Klassenbildungsmethoden ergeben, sind die folgenden: Stichprobe 5 und 1 zeigen die höchste Ähnlichkeit bei der Methode der einfachen Verknüpfung und sind mit der Klasse 12, 9, 10, 11 und 8 verbunden. Die Stichproben 6 und 7 sind auch ähnlich und der Hauptklasse zugeordnet. 4, 3 und 2 sind die letzten Stichproben, die bei dieser Methode zugeordnet werden. Die Modalanalyse zeigt eine höhere Ähnlichkeit für die Stichproben 12, 9, 10, 11, die in eine Klasse gruppiert werden und eine Verknüpfung von 5 und 1, die erst bei einem niedrigeren Niveau als für die obere Methode erfolgt. Schließlich wird noch 8 zu dieser Klasse hinzugefügt. Die gleichen Ergebnisse zeigen sich für die Stichproben 6 und 7, während die Stichproben 4, 2 und 3 keine hohe Ähnlichkeit mit den übrigen Stichproben zeigen. Sie sind nicht dicht. Die strichlierten Linien, Abb. 1c und 3c zeigen die Niveaus, auf denen diese Stichproben Ähnlichkeit zeigen könnten, aber sie liegen außerhalb der notwendigen Distanz. Die Gruppenmethode hat dieselbe Hauptklasse mit den ähnlichsten Stichproben 12, 9, 10, 11, mit denen 4 und 8 verknüpft sind; 5 und 1 ergeben wieder die höchste Ähnlichkeit und bilden einen Cluster mit 6 und 7. Schließlich zeigen 2 und 3 eine Ähnlichkeit

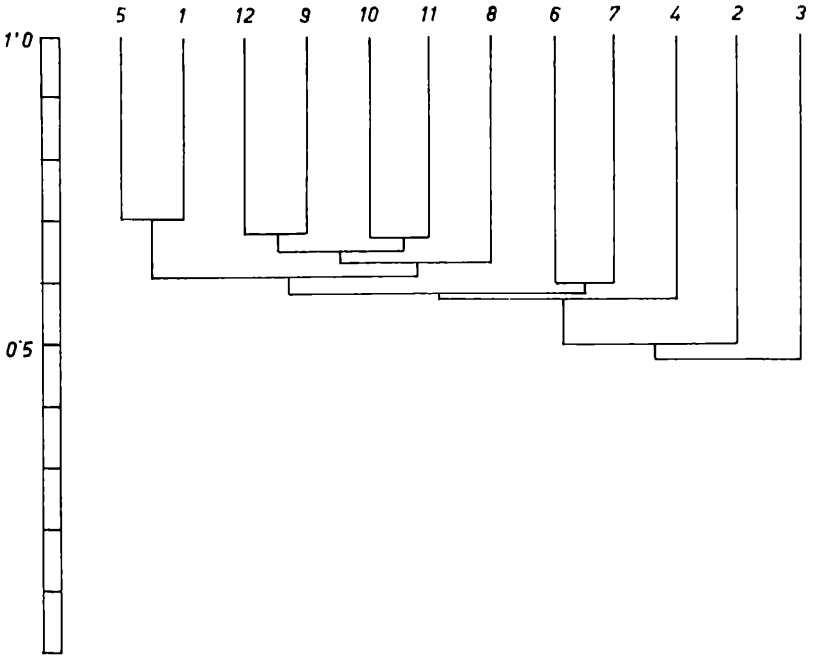
©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

unter dem 0,5-Niveau und werden zu den restlichen Gruppierungen hinzugefügt, Fig. 1b und 3b.

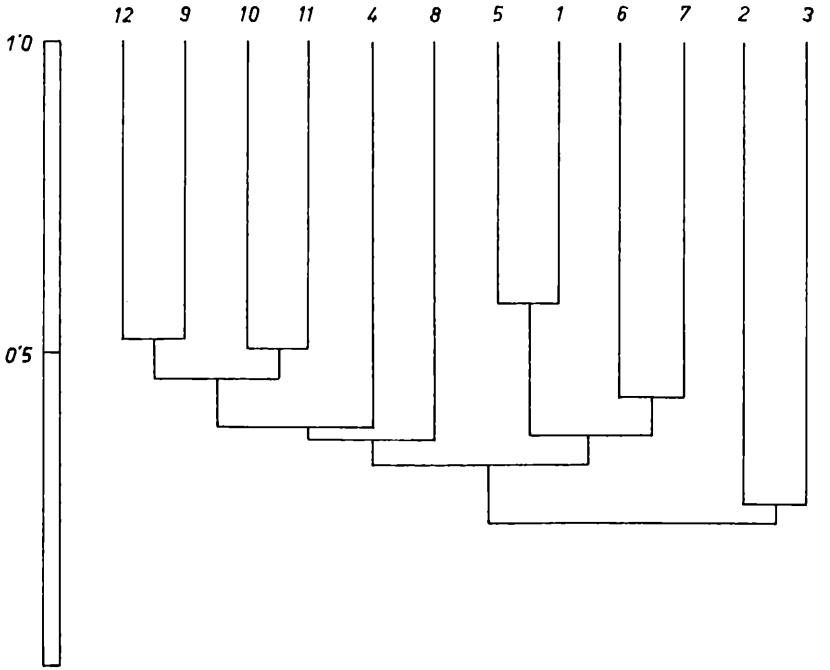
Für die Klassenbildungsresultate der Koeffizienten, die Nichtübereinstimmungen berücksichtigen, haben wir ein anderes Klassenmuster als für die oben behandelten Koeffizienten, aber wieder gibt es keine Unterschiede der Klassen und ihrer Zusammensetzungen für alle Methoden der Klassenbildung.

Wieder gibt es eine Versetzung des Verknüpfungsniveaus aufgrund der verschieden gewichteten Paare. Das vollständige höhere Verknüpfungsniveau für den nicht näher benannten Koeffizienten von SOKAL-SNEATH ist 0,13 (Abb. 2a, b, c und Abb. 4a, b, c) in allen drei betrachteten Methoden. Hier können bei einem Koeffizienten auch Unterschiede der Klassenzusammensetzung beobachtet werden.

Abb. 1. Dendrogramme mittels JACCARD-Koeffizient und



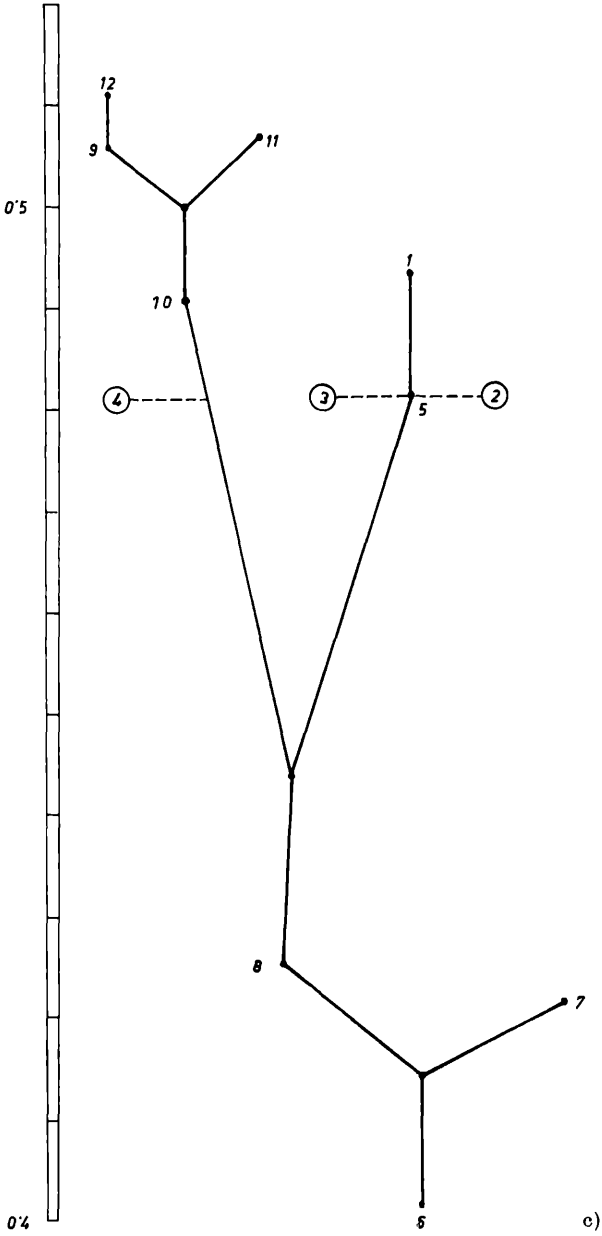
a) der Methode der einfachen Verknüpfung



b) ungewichtetes Gruppenmittel

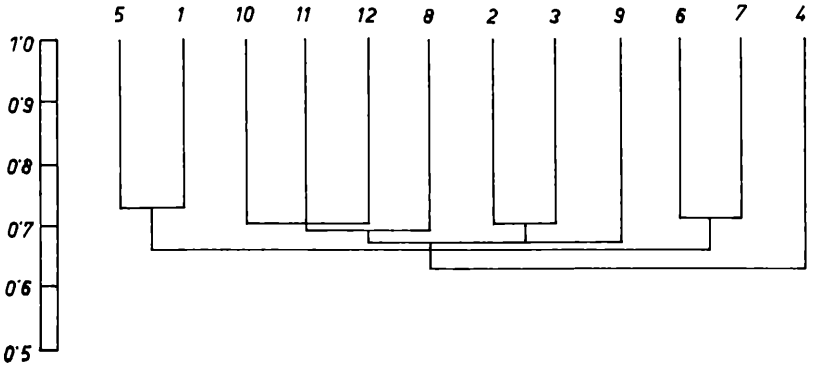
Die Methode der einfachen Verknüpfung zeigt die Klasse 10, 11, 12 und 8, zu der 2, 3 und 9 hinzukommen. Dann folgen 5 und 1 mit der höchsten Ähnlichkeit, 6 und 7, und schließlich 4, das die kleinste Ähnlichkeit mit den anderen Stichproben zeigt. Die Verknüpfungsniveaus für die beiden Koeffizienten sind nicht sehr verschieden. Die Modalanalyse gibt als Hauptklasse 11, 12 und 8, wozu 3, 2 und 10 hinzugefügt werden, während 5 und 1 sowie 6 und 7 getrennte Klassen bilden (Abb. 4a, c und Abb. 2a, c). Die Stichproben 9 und 4 sind nicht dicht. Die Gruppenmittelmethode gibt andere Klassen und stärker differenzierte Klassenniveaus. Hier sind 5 und 1 mit der höchsten Ähnlichkeit zu Hauptcluster 2, 3 und 6, 7 verbunden. Die Zwei-Stichprobenklasse 12 und 9 ist mit der anderen Hauptklasse 10, 11, 8 und 4 verbunden (Abb. 2b und 4b).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

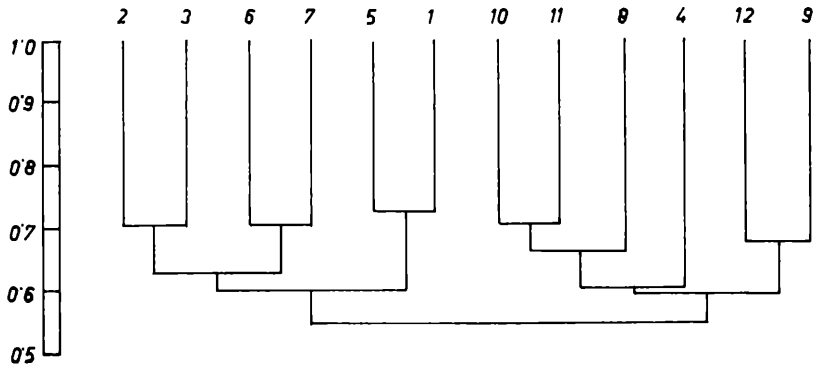


c) Modalanalyse

Abb. 2. Dendrogramme mittels des Koeffizienten der einfachen Übereinstimmung



a) durch Methode der einfachen Verknüpfung

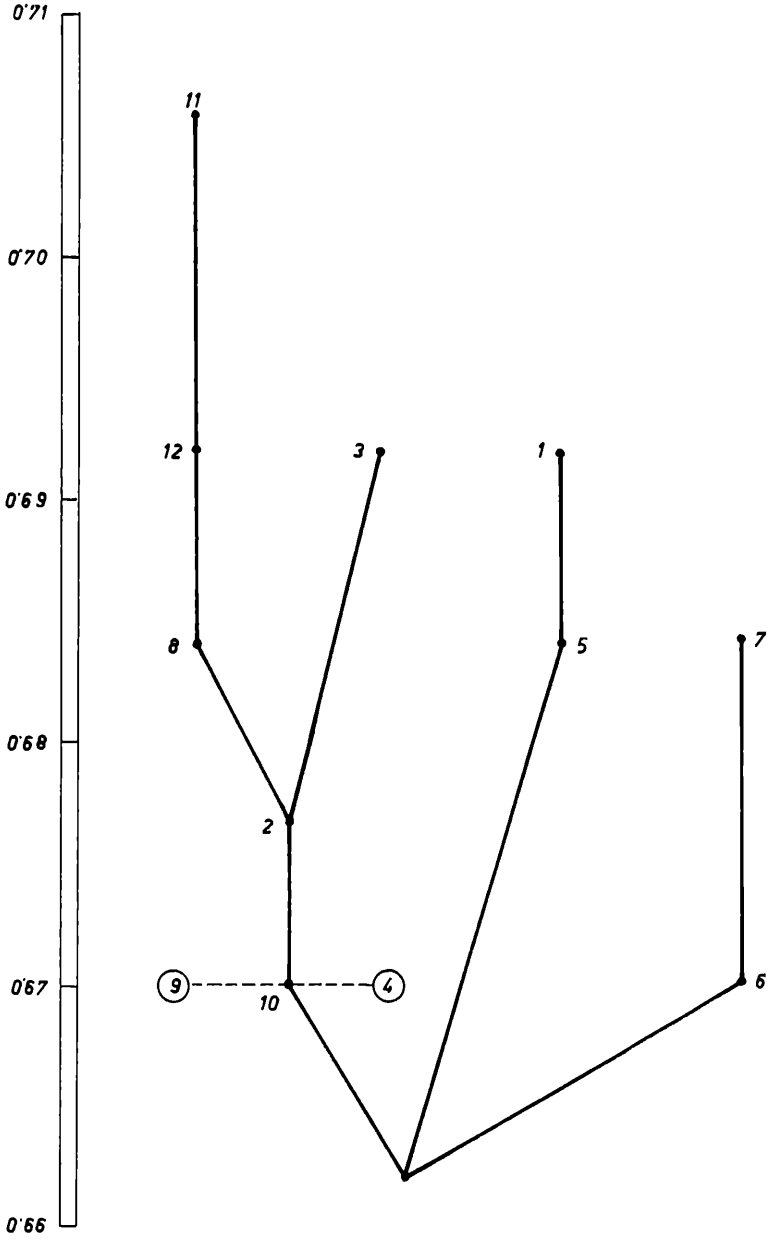


b) ungewichtetes Gruppenmittel

Diskussion

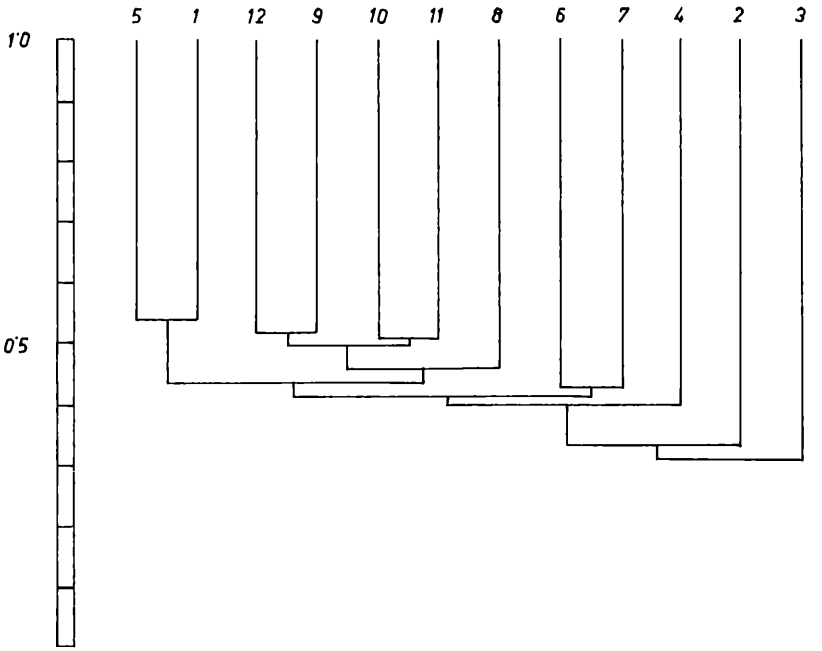
Im Falle der Koeffizienten, die die Fälle der Nichtübereinstimmung nicht berücksichtigen, wurden Ähnlichkeiten für Proben festgestellt, die wohl ein Jahr auseinanderlagen, aber aus der gleichen Jahreszeit stammten, doch zeigten sich Unterschiede in der Höhe des Ähnlichkeitsniveaus. So ergab sich eine Ähnlichkeit für Probe 1 und 4 aus Lokalität 1 auf einem niedrigeren Niveau als Probe 9 und 12 aus Lokalität 3. Proben vom Sommer

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



c) Modalanalyse

Abb. 3. Dendrogramme mittels Koeffizient von SØRENSEN



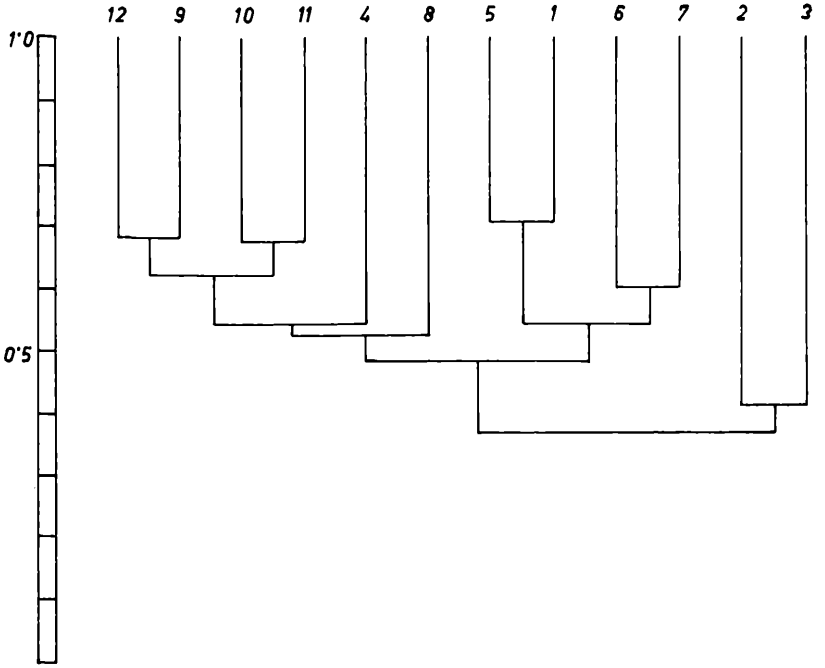
a) durch Methode der einfachen Verknüpfung

1968 zeigen eine hohe Ähnlichkeit zwischen schwach- und mittelexponierten Lokalitäten (5 und 1), jedoch im Sommer und Frühjahr 1969 ergibt sich eine hohe Übereinstimmung zwischen mittel und stark exponierten Lokalitäten (Probe 6 zeigt mehr Ähnlichkeit mit 10 als mit 2). Man kann annehmen, daß eine Veränderung in der Faunenzusammensetzung der schwach exponierten Lokalität eines Jahres diese Abstände zu Proben aus anderen Lokalitäten bewirkte.

Die Tatsache, daß Probe 5 und 1 sehr ähnlich sind und zur Hauptklasse 9, 10, 11 und 12 in näherer Beziehung stehen, erlaubt uns zu vermuten, daß die Verteilung der Polychaeten auf Braunalgen für alle Orte dieselbe ist, und daß sie von der Strömungsstärke nur schwach beeinflußt wird.

Die Haupteinflüsse scheinen vom verschiedenen Verschmutzungsgrad zu stammen. Die Strömungsstärke dürfte insofern eine Rolle spielen, als sie die Verteilung der Verunreinigungen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



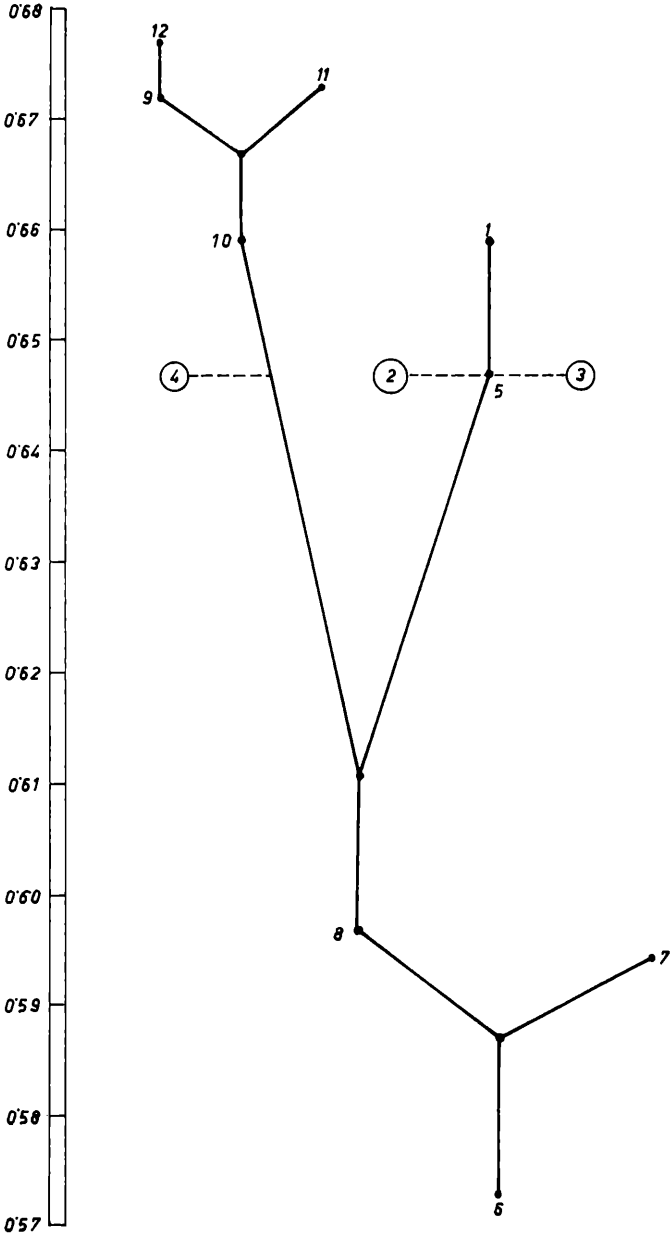
b) ungewichtetes Gruppenmittel

beeinflußt. In stark exponierten Lagen werden die Verunreinigungen wohl rascher abgebaut. Dieser Effekt könnte verstärkt werden

1. durch die jahreszeitlich bedingte unterschiedliche Konzentration der eingeleiteten Abfälle,

2. durch die laminare temperaturbedingte Schichtung der belasteten und unbelasteten Wassermassen.

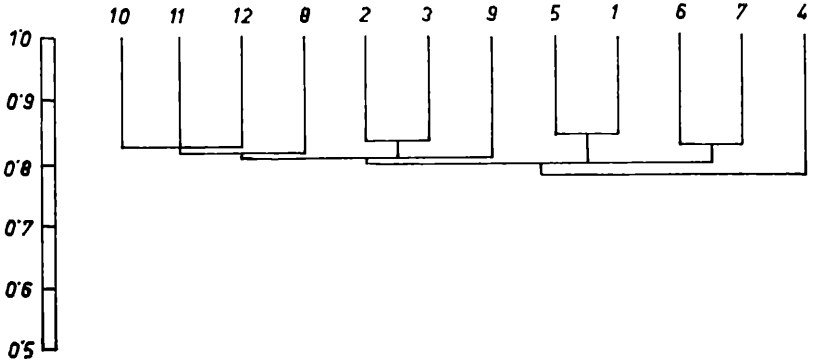
Diese beiden Inhomogenitäten werden durch die höhere Strömung wohl gemildert: Insgesamt kann so der stärkere Wellengang die Proben 9—12 den frühen (sauberen) Proben 1 und 5 ähnlich machen. HUBER (vgl. GOLUBIC 1968) mißt in stärker verunreinigten Lagen in Rovinj zwar höhere Sauerstoffzehrung (zwischen 73 und 15 BSB-2%), aber gleichen Sauerstoffgehalt (etwa 7 mg/l). Auch hier könnte man hypothetisch eine stärkere Anreicherung mit Sauerstoff (Kompensation der Sauerstoffzehrung) durch stärkere Exposition postulieren. Oberflächenaktive



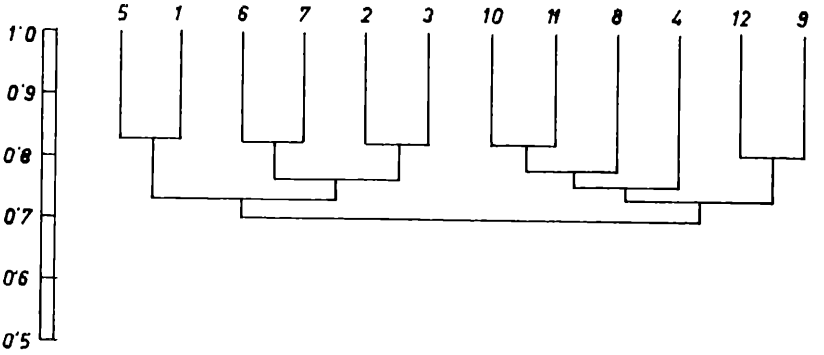
c) Modalanalyse

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4. Dendrogramme mittels eines nicht weiter benannten Koeffizienten von SOKAL und SNEATH



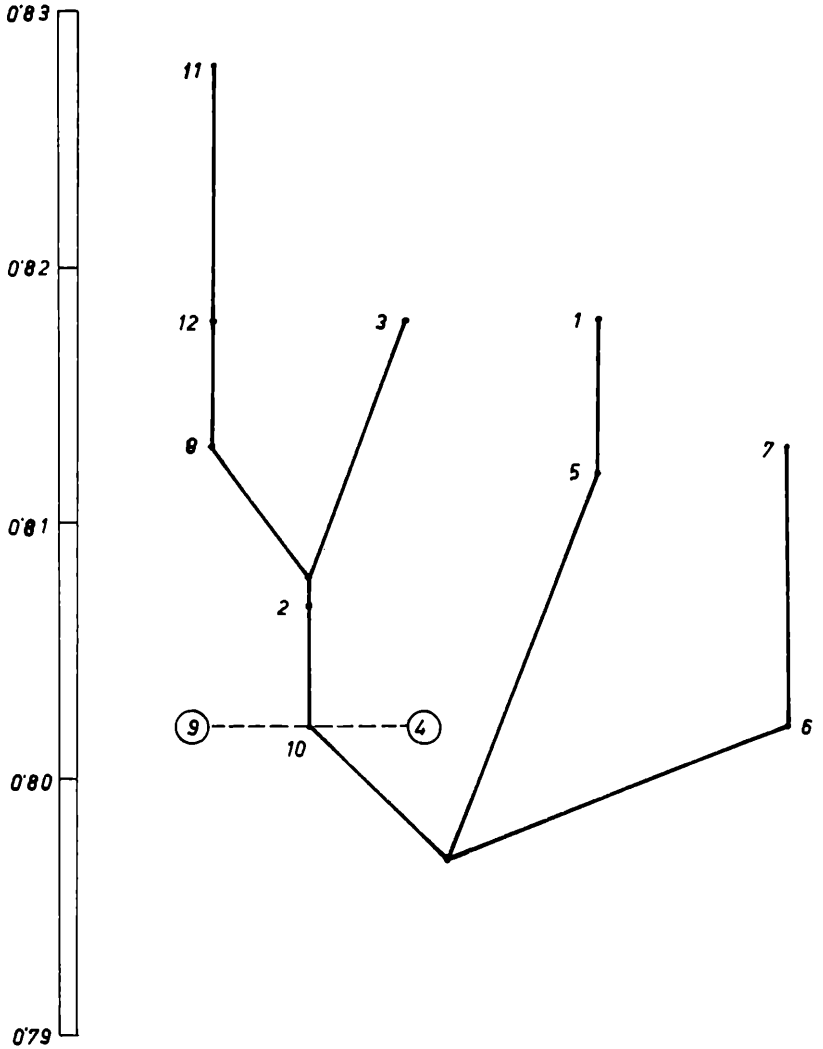
a) durch Methode der einfachen Verknüpfung



b) ungewichtetes Gruppenmittel

Detergentien, die durch den Tourismus bedingt immer stärker eingesetzt werden, könnten für den Epiphytenbefall wesentlich sein, da ähnliche Verschmutzungsgrade vor dem Einsatz von Reinigungsmitteln den Cystoseirenwuchs nicht im gleichen Ausmaß schädigten (Mitteilung nicht quantifizierter Beobachtungen von KATZMANN).

Die Tatsache, daß die stark exponierten eine hohe Ähnlichkeitskonsistenz zeigen, das heißt, daß sie in allen Klassenbildungsmethoden gleichmäßige Ähnlichkeit aufweisen, führt uns zu



c) Modalanalyse

folgender Interpretation: Nehmen wir an, daß mögliche Verunreinigungen (GOLUBIC, 1968) im Meerwasser nicht immer die gleiche Konzentration besitzen, so daß jede Periode hoher Konzentration von Haushaltsabfällen von einer Periode reineren

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wassers abgelöst wird, dann bewirkt der Wasseraustausch in Lokalität III, daß sich die organischen Teilchen nicht absetzen können und ausgewaschen werden. Dieser Effekt fehlt fast völlig in der Lokalität I und II und die organische Substanz gibt einen vorzüglichen Nährboden für Bakterien ab, die ein Steigen der Sauerstoffzehrung bewirken (vgl. die Daten von Huber in Golubic, 1968). Ist die Konzentration der Verunreinigung des Wassers während des ganzen Jahres die gleiche, so ist der Effekt der Verunreinigung für die Lokalität III einerseits und II und I andererseits verschieden, da die dauernd Wasser austauschenden Strömungen das Wasser entsprechend mit der Luft vermengen und einen konstanten hohen Sauerstoffgehalt bewirken. Das geschieht nicht an dem anderen Ort, an dem das Sauerstoffniveau unter den Sättigungspunkt fällt — Sauerstoff kann dort nur durch Diffusion aus der Luft hinzugefügt werden.

Die Lokalität III ist insgesamt ähnlicher der Lokalität II als der Lokalität I, jedenfalls was unsere Proben betrifft, aber der Abstand zwischen den Proben wird größer, so daß die Proben 6 und 10 näher beieinander liegen als die Proben 7 und 11, und die Proben 8 und 12 zeigen sogar den höchsten Abstand. So erscheint es, daß der Ort der mittleren Exposition dieselben strukturellen Veränderungen erleidet wie der Ort niedriger Exposition. Durch die Gruppenmittelmethode mit Koeffizienten, die die Nichtübereinstimmung berücksichtigen, erhalten wir ein wesentlich besseres Bild der jahreszeitlichen Veränderungen in der Lebensgemeinschaft. So sind die Frühlings- und Sommerstichproben immer verknüpft. Die Hauptklasse verschwindet, aber die Modalanalyse trennt klar die Stichproben 4 und 9, die nicht einer anderen Stichprobe ähnlich sind. Die Zusammensetzung dieser beiden Stichproben zeigt, daß die Probe 4 arm, die Probe 9 andererseits reich an Arten und Individuen ist.

Probe 4 ist die letzte Probe am Ort I, Probe 9 ist die erste Probe des Ortes III und ist wahrscheinlich die einzige Stichprobe eines halbwegs intakten Biotops.

Zum Vergleich seien einige Daten dieser Probe 9, Werten am selben Ort ein Jahr später (Probe 12) gegenübergestellt.

	9	12	1	4
Chrysopetalum debile	3%	—	12%	—
Lepidonotus clava	2%	—	4%	—
Syllidae (Syllis!)	40%	6%	4%	14%
Festsitzende Filtrierer	12%	30%	6%	37%

Ein ähnliches Bild verschwindender Arten und der Vermehrung der festsitzenden Filtrierer bietet auch die Lokalität I (Proben 1 und 4).

Die Phytal-Gemeinschaften in der Nachbarschaft von Rovinj, die in den früheren Jahren untersucht wurden, sind noch nicht verschwunden, jedoch sind diejenigen in der Nähe der Stadt als erste dezimiert worden. Das Phytal begann sich im Sommer 1968 zu verringern, wobei die Cystoseira-Art der Gezeitengrenze als erste verschwand (Cystoseira spicata), und innerhalb der nächsten zwei Jahre waren die Braunalgen-Kolonien an allen drei Orten nahezu verschwunden. Es gibt immer noch kleine Reste an Ort III, aber nur unterhalb einer Tiefe von 6 m. (Diese sind inzwischen [1974] auch verschwunden.)

Die Benützung binärer Koeffizienten für Gemeinschaftsstudien ergab nützliche Resultate und Hinweise, insbesondere die Anwendung der Gruppenmittelmethoden und der Modalanalyse, wobei sich letztere sogar bei dieser schlechten Datenlage der einfachen Verknüpfung wesentlich überlegen erweist. In weiteren Untersuchungen werden numerische Koeffizienten verwendet werden und mit den binären Koeffizienten verglichen werden.

Unsere beschränkte Erfahrung zeigt, daß Koeffizienten, die die Nichtübereinstimmung berücksichtigen, in unserem Fall die Situation besser beschreiben. Offensichtlich ist die Information wesentlich, die in der Zahl derjenigen Arten, die an beiden Orten fehlen, enthalten ist.

Schlußfolgerungen

1. Für Koeffizienten, die Nichtübereinstimmungen ausschließen, beobachten wir Ähnlichkeit von Stichproben, die — ein Jahr voneinander entfernt — in derselben Jahreszeit genommen wurden, aber größere Unterschiede in der Höhe des Ähnlichkeitsniveaus konnten festgestellt werden. So war etwa die Ähnlichkeit zwischen Probe 1 und 4 der Lokalität I geringer als zwischen Probe 9 und 12 von Lokalität III.

2. Proben, die im Sommer 1968 genommen wurden, zeigen eine hohe Ähnlichkeit zwischen den Lokalitäten niederer und mittlerer Exposition (Probe 5 und 1), aber im Sommer und Frühling 1969 beobachtet man eine höhere Ähnlichkeit zwischen Lokationen mittlerer und hoher Exposition (Probe 6 zeigt mehr Ähnlichkeit mit 10 als mit 2). Wir denken, daß eine radikale Veränderung

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Struktur der Gesellschaft in der Gegend niederer Exposition den großen Unterschied erzeugte, den wir von einem Jahr zum nächsten für diese Proben gegenüber Proben anderer Lokationen beobachteten.

3. Die Tatsache, daß die Proben 5 und 1 sehr ähnlich sind und Beziehungen zum Hauptcluster 9, 10, 11 und 12 aufweisen, erlaubt uns anzunehmen, daß das Verteilungsmuster der Polychaeten innerhalb der Braunalgen das gleiche für alle Lokalitäten ist und nur wenig oder schwach durch die Wellenexponierung beeinflußt wird.

4. Die Tatsache, daß die stark exponierten Lokalitäten hohe Konsistenz der Ähnlichkeit zeigen (d. h. in allen Cluster-Methoden konstant ähnlich sind), führt uns zu folgender Interpretation: Verunreinigungen werden durch starken Wellengang schneller verteilt. Abgesehen vom rascheren Abtransport können hypothetisch auch Konzentrationsschwankungen eine Rolle spielen, und zwar:

a) zeitlich: durch jahreszeitliche Schwankungen der eingeleiteten Abfälle,

b) räumlich: durch temperaturbedingte Schichtung belasteter und unbelasteter Wassermassen.

5. Lokalität II liegt bezüglich unserer Ähnlichkeitsmaße den Proben der Lokalität III näher als denjenigen von Lokalität I, aber der Unterschied zwischen den Proben wird größer, so daß Proben 6 und 10 näher beisammen liegen als Proben 7 und 11, und daß Proben 8 und 12 den größten Abstand aufweisen. So erscheint es möglich, daß die Lagen mittlerer Exposition dieselben strukturellen Veränderungen erleiden werden wie die Lagen niederer Exposition.

Zusammenfassung

Drei Cystoseira-Kolonien, die in ihrer Strömungsexposition differieren, wurden bezüglich ihrer Polychaetenfauna untersucht. Die Untersuchung wurde in Rovinj (Istrien, Jugoslawien) durchgeführt.

1. Binäre Ähnlichkeitskoeffizienten und Cluster-Analyse wurden zur Auswertung der erhaltenen Daten herangezogen. Die Resultate erlauben den Schluß, daß die Struktur der Polychaetenfauna von Cystoseiren-Kolonien, die in ihrer Exposition gegenüber Strömungen differieren, im wesentlichen ähnlich sind.

Arten	Proben 1	2	3	4
I. VALDILESO				
Lepidonotus clava	6	0	0	0
Harmothoe spinifera	1	0	0	1
Scalisetosus pellucidus...	0	0	0	1
Lagisca extenuata..	0	0	0	0
Chrysopetalum debile..	25	3	0	0
Euphrosyne foliosa	0	0	0	0
Phyllodoce rubiginosa	0	0	1	0
Phyllodoce albo-vittata..	3	2	2	0
Phyllodoce pusilla	1	0	0	2
Eulalia viridis	3	0	0	1
Eulalia bilineata	0	0	0	1
Eulalia sanguinea	0	0	0	0
Eulalia macroceros.	0	0	0	0
Podarke agilis .	2	0	0	0
Syllis spongicola	0	0	0	4
Syllis amica	0	0	10	0
Syllis gracilis	0	0	2	0
Syllis krohnii .	0	0	0	0
Syllis prolifera	22	3	0	10
Syllis variegata..	37	1	1	0
Syllis hyalina.	0	0	0	0
Syllis vittata	0	0	0	0
Syllis armillaris..	0	2	1	0
Syllis brevipennis.	0	0	0	0
Syllis cirropunctata	5	0	0	2
Syllis cornuta	3	1	0	0
Trypanosyllis zebra	0	0	0	2
Eurysyllis tuberculata	4	0	1	0
Odontosyllis gibba	0	0	0	0
Odontosyllis ctenostoma	3	0	0	15
Pterosyllis formosa.	0	0	0	0
Syllides longocirrata	0	0	0	4
Pionosyllis serrata	0	3	0	0
Eusyllis assimilis.	0	0	0	6
Brania clavata	13	15	2	7
Brania limbata	1	0	0	0
Sphaerosyllis hystrix	4	0	1	1
Exogone gemmifera	7	2	0	0
Autolytus pictus.	0	0	0	0
Autolytus aurantiacus	0	0	0	0
Autolytus prolifer..	3	5	0	0
Micronereis variegata	0	0	0	1
Leptonereis glauca	0	0	0	1
Nereis rava.	0	0	0	0
Nereis costae .	0	3	0	0
Perinereis cultrifera	1	0	1	0
Platynereis dumerilii	41	11	23	80

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Arten	Proben 1	2	3	4
Eunice schizobranchia	0	0	0	0
Eunice siciliensis	0	1	0	0
Lysidice nenetta	0	1	0	3
Dorvillea rubrovittata...	2	1	0	0
Naimereis quadricuspida .	0	0	0	0
Heterocirrus bioculatus	1	0	0	0
Polyophthalmus pictus	16	3	19	21
Amphitrite variabilis	0	0	0	0
Polymnia nebulosa..	3	0	0	0
Nicolea venustula	1	0	0	11
Pista cristata	0	0	0	0
Thelepus cincinnatus	1	0	1	12
Potamilla torelli ...	0	0	0	0
Branchiomma lucullana	5	0	0	2
Branchiomma bombyx	0	0	1	0
Megalomma linaresi	0	2	0	0
Amphiglena mediterranea	6	0	0	18
Oriopsis armandi	5	3	5	20
Serpula vermicularis .	0	0	0	2
Hydroides pseudouncinata	0	0	0	1
Hydroides nigra	0	0	0	0
Vermiliopsis infundibulum..	0	0	0	0
Pomatoceros triqueter	0	0	0	0
Fabricina sp.	0	0	0	0
Protula sp.	0	0	0	0

II. PUNTA BARABIGA

	5	6	7	8
Lepidonotus clava	0	4	0	2
Harmothoe spinifera	1	0	0	3
Scalisetosus pellucidus.	0	0	0	0
Lagisca extenuata....	0	0	0	0
Chrysopetalum debile .	15	2	1	1
Euphrosyne foliosa	0	0	0	0
Phyllodoce rubiginosa	0	1	0	1
Phyllodoce albo-vittata	1	0	0	0
Phyllodoce pusilla	4	0	0	0
Eulalia viridis	0	0	1	0
Eulalia bilineata	0	0	0	0
Eulalia sanguinea	0	0	0	0
Eulalia macroceros..	4	0	0	2
Podarke agilis .	1	0	0	2
Syllis spongicola	4	0	0	0
Syllis amica	0	0	0	0
Syllis gracilis	2	0	0	1
Syllis krohnii	0	0	0	2
Syllis prolifera	6	7	37	41

Arten	Proben 5	6	7	8
Syllis variegata . .	14	6	2	1
Syllis hyalina	0	0	0	0
Syllis vittata .	0	0	0	0
Syllis armillaris . .	0	0	4	0
Syllis brevipennis .	0	1	0	0
Syllis cirropunctata	2	0	0	4
Syllis cornuta . . .	5	0	0	0
Trypanosyllis zebra	4	0	1	0
Eurysyllis tuberculata	6	6	5	1
Odontosyllis gibba	0	3	0	1
Odontosyllis ctenostoma .	12	3	12	4
Pterosyllis formosa . .	1	1	2	3
Syllides longocirrata	0	0	2	5
Pionosyllis serrata	0	20	0	0
Eusyllis assimilis . .	0	0	0	0
Brania clavata	87	56	24	23
Brania limbata	17	14	0	0
Sphaerosyllis hystrix	52	0	1	0
Exogone gemmifera	19	0	2	0
Autolytus pictus . . .	0	1	0	0
Autolytus aurantiacus	8	0	4	5
Autolytus prolifer	0	0	0	0
Micronereis variegata	0	0	0	0
Leptonereis glauca	0	2	2	3
Nereis rava	4	5	2	0
Nereis costae	0	6	1	0
Perinereis cultrifera	0	1	0	0
Platynereis dumerilii	166	18	88	83
Eunice schizobranchia	1	0	0	0
Eunice siciliensis . .	0	0	0	0
Lysidice nenetta	2	1	0	2
Dorvillea rubrovittata	0	0	0	0
Nainereis quadricuspida . .	2	0	0	0
Heterocirrus bioculatus	0	0	0	0
Polyophthalmus pictus	56	23	51	21
Amphitrite variabilis	0	0	0	0
Polymnia nebulosa	14	0	0	0
Nicolea venustula	3	0	0	0
Pista cristata	0	0	0	0
Thelepus cincinnatus	4	6	13	15
Potamilla torelli	0	0	0	2
Branchiomma lucullana	3	4	0	0
Branchiomma bombyx	0	3	0	1
Megalomma linaresi	0	0	0	0
Amphiglena mediterranea	3	1	2	1
Oriopsis armandi	9	19	33	15
Serpula vermicularis	2	0	0	0
Hydroides pseudouncinata	0	0	0	0
Hydroides nigra	3	0	0	0

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Arten	Proben 5	6	7	8
Vermiliopsis infundibulum . .	2	3	0	0
Pomatoceros triqueter	0	0	0	0
Fabricina sp.	0	50	0	0
Protula sp.	0	0	0	1

III. KATARINA

	9	10	11	12
Lepidonotus clava	6	5	1	1
Harmothoe spinifera	0	1	1	4
Scalisetosus pellucidus .	0	0	0	0
Lagisca extenuata . .	0	0	0	1
Chrysopetalum debile .	9	4	0	23
Euphrosyne foliosa	0	1	0	0
Phyllodoce rubiginosa	0	0	0	0
Phyllodoce albo-vittata	0	1	0	0
Phyllodoce pusilla	2	2	6	7
Eulalia viridis	0	7	0	6
Eulalia bilineata	0	0	0	0
Eulalia sanguinea	2	0	0	0
Eulalia macroceros .	0	2	4	31
Podarke agilis	0	0	0	0
Syllis spongicola	0	0	1	3
Syllis amica	5	4	0	0
Syllis gracilis	0	0	0	6
Syllis krohnii	0	0	0	0
Syllis prolifera	19	53	0	80
Syllis variegata	8	4	1	60
Syllis hyalina	0	0	5	0
Syllis vittata	0	0	0	0
Syllis armillaris	4	4	3	0
Syllis brevipennis	0	0	0	6
Syllis cirropunctata	1	1	1	13
Syllis cornuta . . .	0	0	2	0
Trypanosyllis zebra .	2	2	0	7
Eurysyllis tuberculata	5	0	1	9
Odontosyllis gibba	1	0	0	0
Odontosyllis ctenostoma . . .	11	5	7	51
Pterosyllis formosa	1	1	0	4
Syllides longocirrata	0	0	7	0
Pionosyllis serrata	4	33	0	0
Eusyllis assimilis	0	0	0	0
Brania clavata	37	21	32	54
Brania limbata . . .	16	0	0	0
Sphaerosyllis hystrix	4	1	0	12
Exogone gemmifera	0	1	10	1
Autolytus prolifer	0	0	1	3
Autolytus aurantiacus	0	1	13	34

Arten	Proben 9	10	11	12
Autolytus pictus	1	0	0	10
Micronereis variegata	0	0	0	0
Leptonereis glauca	16	21	1	0
Nereis rava .	0	0	3	25
Nereis costae	11	0	0	1
Perinereis cultrifera	2	0	0	1
Platynereis dumerilii .	90	193	121	254
Eunice schizobranchia	0	0	0	0
Eunice siciliensis ..	1	0	0	0
Lysidice ninetta	9	0	1	7
Staurocephalus rubrovittata .	0	0	1	2
Nainereis quadricuspida .	0	0	0	0
Heterocirrus bioculatus	0	0	0	0
Polyophthalmus pictus	14	14	6	24
Amphitrite variabilis .	0	0	0	0
Polymnia nebulosa .	0	0	0	8
Nicolea venustula	0	0	0	0
Pista cristata	0	0	0	0
Thelepus cincinnatus	2	2	16	1
Potamilla torelli	7	5	4	35
Branchiomma lucullana	0	0	0	3
Branchiomma bombyx	0	0	0	0
Megalomma linaresi	0	0	0	0
Amphiglena mediterranea	5	1	13	5
Oriopsis armandi .	8	7	81	36
Serpula vermicularis	1	0	6	1
Hydroides pseudouncinata	0	0	2	0
Hydroides nigra	0	0	1	1
Vermiliopsis infundibulum	1	0	0	0
Pomatoceros triqueter	0	0	0	3
Fabricina sp.	1	0	0	2
Protula sp.	0	0	0	0

Quantitative Untersuchungen von Faunengrenzen usw.

2. Es konnte beobachtet werden, daß in zwei aufeinanderfolgenden Jahren die Zahl der Arten und die Zahl der Individuen in allen drei Lokalitäten geringer geworden ist. An den Stellen hoher Strömung zeigten die Stichproben hohe Ähnlichkeit, an Stellen niederer Strömung zeigten die Proben geringe Ähnlichkeit oder überhaupt gar keine.

3. Indikatoren der ersten Stufen der Verunreinigung konnten festgestellt werden, indem als solche Ähnlichkeitskoeffizienten verwendet werden, die die Veränderung — die Verschiedenheit — gegenüber dem „gesunden" Zustand unter Berücksichtigung der bereits verschwundenen Arten messen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. A. Koeffizientenmatrix

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11
S 2	0,51										
S 3	0,39	0,50									
S 4	0,47	0,49	0,52								
S 5	0,36	0,32	0,35	0,41							1a) Jaccard
S 6	0,33	0,26	0,26	0,33	0,36						
S 7	0,29	0,18	0,24	0,28	0,42	0,43					
S 8	0,37	0,46	0,39	0,27	0,34	0,38	0,29				
S 9	0,30	0,46	0,37	0,44	0,55	0,36	0,34	0,37			
S 10	0,28	0,20	0,26	0,26	0,38	0,27	0,24	0,21	0,33		
S 11	0,21	0,19	0,19	0,20	0,19	0,23	0,23	0,31	0,30	0,26	
S 12	0,41	0,36	0,39	0,34	0,34	0,20	0,26	0,32	0,37	0,18	0,17
S 2	0,71										
S 3	0,59	0,71									
S 4	0,62	0,65	0,68								1b) Simple matching
S 5	0,53	0,50	0,53	0,53							
S 6	0,56	0,50	0,50	0,50	0,56						
S 7	0,56	0,47	0,53	0,50	0,65	0,71					
S 8	0,60	0,69	0,63	0,43	0,55	0,63	0,60				
S 9	0,52	0,66	0,60	0,60	0,72	0,60	0,63	0,66			
S 10	0,57	0,52	0,57	0,49	0,55	0,60	0,63	0,60	0,65		
S 11	0,55	0,55	0,55	0,46	0,49	0,60	0,66	0,68	0,65	0,71	
S 12	0,63	0,60	0,63	0,52	0,55	0,46	0,57	0,59	0,62	0,53	0,56
S 2	0,68										
S 3	0,55	0,67									
S 4	0,64	0,66	0,69								2a) Sørensen
S 5	0,53	0,49	0,52	0,58							
S 6	0,50	0,41	0,41	0,50	0,53						
S 7	0,45	0,31	0,39	0,45	0,59	0,60					
S 8	0,54	0,63	0,56	0,42	0,51	0,55	0,45				
S 9	0,46	0,61	0,54	0,61	0,71	0,53	0,52	0,54			
S 10	0,43	0,33	0,41	0,41	0,44	0,43	0,38	0,35	0,50		
S 11	0,34	0,31	0,31	0,33	0,31	0,37	0,38	0,48	0,46	0,41	
S 12	0,58	0,53	0,56	0,51	0,51	0,33	0,41	0,48	0,54	0,31	0,29
S 2	0,82										
S 3	0,74	0,83									
S 4	0,76	0,79	0,81								2b) Sokal-Sneath unnamed
S 5	0,69	0,67	0,69	0,69							
S 6	0,71	0,67	0,67	0,67	0,72						
S 7	0,72	0,64	0,69	0,67	0,79	0,83					
S 8	0,75	0,82	0,76	0,60	0,71	0,78	0,75				
S 9	0,68	0,80	0,75	0,75	0,84	0,75	0,78	0,76			
S 10	0,73	0,68	0,73	0,65	0,71	0,75	0,78	0,72	0,79		
S 11	0,71	0,71	0,71	0,63	0,65	0,75	0,80	0,81	0,79	0,83	
S 12	0,76	0,75	0,78	0,68	0,71	0,63	0,73	0,74	0,76	0,69	0,72

Literatur

BELLAN-Santini, D., 1969: Contribution a l'étude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux. Rec. Trav. St. Mar. End. *47* (63): p. 294.

ERCEGOVIC, A., 1952: Jadranske cistozire. Fauna i Flora Jadrana II: p. 210.

FAGER, E. W., 1963: Communities of organism. In: The Sea II: 415—435.

FLOREK, K., A. LUKASTIEWICZ, J. PERKAL, J. STEINHAUS, H. ZUBRZYCKI, 1951a: Sur la liason et la division des points d'un ensemble fini. Colloquium Math. *2*, 282—285.

— 1951b: Taksonomia Wroclawska. Przegl. Anthropol. *17*, 193—211.

GOLUBIC, S., 1968: Die Verteilung der Algenvegetation in der Umgebung von Rovinj (Istrien) unter dem Einfluß häuslicher und industrieller Abwässer. Z. Wasser- u. Abwasserforsch. *3*: 87—95 (1968).

GORDESCH J., H. KATSCHNIG, W. PÖLDINGER, P. SINT, 1973: Zur Korrelierung psychischer und somatischer Symptome bei Depressionen, in P. Kielholz (Hrsg.), Die lawierte Depression, Huber Verlag, Bern, Stuttgart, Wien 131—138

KATZMANN, W., 1971: Polychaeten (Errantier, Sedentarier) aus nordadriatischen Cystoseira-Beständen und deren Epiphyten. Oceologia (Berl.) *9*: 31—51.

LANCE, G. N., W. T. WILLIAMS, 1967: A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. Comput. J. *9*: 373—380.

OTT, J., 1967: Vertikalverteilung von Nematoden in Beständen nordadriatischer Sargassaceen. Helgol. wiss. Meeresunters. *15*: 412—428.

— 1969: Mikroökologie von Phytalbeständen am Beispiel der Nematoden. Wien, Phil. Diss.: 122 Bl.

PIELOU, E. C., 1969: An Introduction to mathematical Ecology. Wiley Intersci. (New York-London) V—VIII: p. 286.

RIEDL, R., 1964: Die Erscheinungen der Wasserbewegung und ihre Wirkung auf Sedentarier im mediterranen Felslitoral. Helgol. wiss. Meeresunters. *10*: 155—186.

SCHICKL, G., 1969: Zur Ökologie der Amphipoden aus dem Phytal der Nordadria. Zool. Jb. Syst. *96*: 265—448.

SINT, P., 1971: Klassifikation und Information. Mitt. Öst. Ges. Stat. Inf. *4*: 1—9.

SNEATH, P. H. A., 1957: The application of computers to taxonomy. J. Gen. Microbiol. *17*, 201—226.

SNEATH, P. H. A., R. R. SOKAL, 1973: Numerical Taxonomy. San Francisco, Freemann, p. 573.

SOKAL, R. R., P. H. A. SNEATH, 1963: Principles of numerical taxonomy. (San Francisco-London) Freeman & Co.: p. 355.

SOKAL, R. R., C. D. MICHENER, 1967: The effects of different numerical

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

techniques on the phenetic classification of bees of the Hoplitis complex. Proc. Linn. Soc., London: *178*, 59—74.

WIESER, W., 1959: Zur Ökologie der Fauna mariner Algen mit besonderer Berücksichtigung des Mittelmeeres. Int. Rev. Hydrobiol. *44*: 137—180.

WISHART, D., 1969: Fortran II, Programs for 8 methods of cluster analysis (Clustan I). Comput. Contr. *38* (State Geol. Sur.) Kansas (Lawrence): 1—111.

— 1969: Numerical classification method for deriving natural classes. Nature 221 (5175): 97—98 (1969).

ZAVODNIK, N., 1973: Seasonal Variations in Rate of Photosynthetic Activity and Chemical Composition of the Littoral Seaweeds Common to North Adriatic. Part I, II, Z. Botanica Marina XVI, p. 155.